

(11)Publication number : 10-173597

(43)Date of publication of application : 26.06.1998

(51)Int.Cl.

H04B 10/02
H04B 10/18
G02B 6/00
H01S 3/10
H04B 3/04

(21)Application number : 08-326732

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 06.12.1996

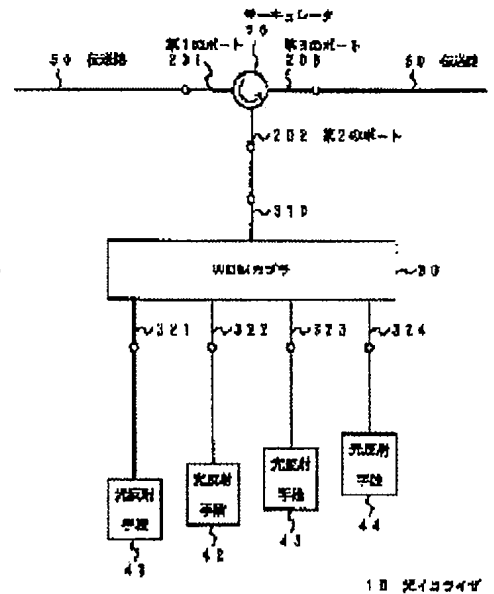
(72)Inventor : TOYOHARA ATSUSHI

(54) OPTICAL EQUALIZER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To optionally adjust a gain for arbitrary wavelength over a wide wavelength range by dividing a light signal into respective signal lights, adjusting each signal light to a desired gain, and then putting respective adjusted signal lights together and outputting them as a new light signal.

SOLUTION: A wavelength-multiplexed light signal which is transmitted through a transmission line 50 is inputted to a 1st port 201 that an optical circulator 20 has and outputted to a 2nd port 202. This light signal is inputted to one port 310 that a WDM coupler 30 has, demultiplexed into signal lights by wavelengths, and outputted to 1st to 4th ports 321 to 324 that the WDM coupler 30 has. Further, the light signals outputted from those ports are reflected by 1st to 4th light reflecting means 41 to 44, inputted to the 1st ports 321 to 324 again, and optically multiplexed and outputted from the one port 310 to a 2nd port 202, so that it is outputted from a 3rd port 203 to a transmission line 60.



【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の信号光からなる光信号を一つの光伝送路に伝播させて通信を行う光通信であって、前記複数の信号光が夫々相異なる複数の波長を有している波長多重光通信に用いられる光イコライザにおいて、前記複数の信号光からなる光信号を受けて、該光信号を各信号光に分割し、該各信号光毎に所望の利得に調整した上で、該調整された各信号光を合成して、新たな光信号として出力することを特徴とする光イコライザ。

【請求項2】 前記複数の信号光からなる光信号を受けて、該光信号を各信号光に分割するための光信号分割手段と、
該光信号分割手段により分割された各信号光を受けて、各信号光毎に所望の利得に調整するための信号光利得調整手段と、
該信号光利得調整手段により調整された各信号光を合成して、新たな光信号として出力するための光信号合成手段とを備えることを特徴とする請求項1に記載の光イコライザ。

【請求項3】 前記光信号分割手段は、前記光信号合成手段の機能を有することにより、前記光信号合成手段を兼ねており、
前記信号光利得調整手段は、前記信号光毎に、光を反射するための光反射手段を備えていることを特徴とする請求項2に記載の光イコライザ。

【請求項4】 複数の信号光からなる光信号を一つの光伝送路に伝播させて通信を行う光通信であって、前記複数の信号光が夫々相異なる複数の波長を有している波長多重光通信に用いられる光イコライザにおいて、
第1乃至第3のポートを有し、前記第1のポートに入力された前記光信号を前記第2のポートから出力すると共に、前記第2のポートに入力された前記光信号を前記第3のポートから出力する光カブラと、
少なくとも一のポート及び前記複数のポートを有し、前記一のポートを前記第2のポートに接続され、該第2のポートから出力された前記光信号を受けて、前記複数の信号光に分割して、各信号光毎に前記複数のポートに出力すると共に、前記複数のポートの夫々に入力される光を合成して前記一のポートに出力するための波長分割多重伝送方式カブラと、
該波長分割多重伝送方式カブラの有する前記複数のポートの夫々に、光学的に接続された複数の光反射手段とを備えることを特徴とする光イコライザ。

【請求項5】 前記光カブラは、光サーキュレータであることを特徴とする請求項4に記載の光イコライザ。

【請求項6】 前記波長分割多重伝送方式カブラは、石英導波路を備えていることを特徴とする請求項4に記載の光イコライザ。

【請求項7】 前記波長分割多重伝送方式カブラは、石英導波路型AWGを備えていることを特徴とする請求項

4に記載の光イコライザ。

【請求項8】 前記光反射手段は、前記複数のポートの夫々に接続された可変光アッテネータと、該可変光アッテネータに接続された光反射器とを備えていることを特徴とする請求項4に記載の光イコライザ。

【請求項9】 前記光反射手段は、ファイバグレーティングで構成される光反射部を備えていることを特徴とする請求項4に記載の光イコライザ。

【請求項10】 前記光反射手段は、誘電体膜からなる反射膜を備えていることを特徴とする請求項4に記載の光イコライザ。

【請求項11】 前記光反射手段は、金属膜からなる反射膜を備えていることを特徴とする請求項4に記載の光イコライザ。

【請求項12】 前記光反射手段は、反射率の調整が可能であることを特徴とする請求項4に記載の光イコライザ。

【請求項13】 前記光反射手段は、
前記波長分割多重伝送方式カブラの有する前記複数のポートの夫々に、光学的に接続され、前記複数のポートの夫々からの前記信号光を少なくとも二つに分岐するための複数の第2の光カブラと、
該複数の第2の光カブラの夫々に光学的に接続されて、前記分岐された光の内の一つを受けて、可変光調整を行うと共に光を反射するための複数の可変光反射器と、
該複数の可変光反射器の夫々と、前記複数の第2の光カブラの夫々とに接続されて、前記第2の光カブラにおいて分岐された光の内他の一つを受けて、光レベルをモニタし、該モニタ結果に従って、前記複数の可変光反射器における可変光調整を制御するための複数の制御回路とを備えていることを特徴とする請求項4に記載の光イコライザ。

【請求項14】 前記光反射手段は、前記波長分割多重伝送方式カブラの有する前記複数のポートの夫々に光学的に接続された複数の第2の光カブラと、該複数の第2の光カブラの夫々に光学的に接続された複数の可変光反射器と、該複数の可変光反射器の夫々に接続されると共に前記複数の第2の光カブラの夫々に接続された複数の制御回路とを備えており、

前記複数の第2の光カブラの夫々は、前記波長分割多重伝送方式カブラの有する前記複数のポートの内の対応するポートから前記信号光を受けて、前記複数の可変光反射器の内の対応する可変光反射器に出力するためのものであると共に、該対応する可変光反射器からの光を受けて少なくとも二つに分岐して、該分岐された光の内一つを前記対応するポートに出力すると共に前記分岐された光の内他の一つを前記複数の制御回路の内の対応する制御回路に出力するためのものであり、
前記複数の可変光反射器の夫々は、前記複数の第2の光カブラの内の対応する第2の光カブラを介して前記信号

光を受けて、該信号光に対して可変光調整を行うと共に、前記対応する第2の光カプラに対して該可変光調整の行われた信号光を反射するためのものであり、前記複数の制御回路の夫々は、前記複数の第2の光カプラの内の対応する第2の光カプラにおいて分岐された光の内の前記他の一つを受けて、当該光の光レベルをモニタし、該モニタ結果に従って、前記複数の可変光反射器の内の対応する可変光反射器における可変光調整を制御するためのものであることを特徴とする請求項4に記載の光イコライザ。

【請求項15】 前記光反射手段は、前記波長分割多重伝送方式カプラの有する前記複数のポートの夫々に、光学的に接続され、前記複数のポートの夫々からの前記信号光を少なくとも二つに分岐するための複数の第2の光カプラと、該複数の第2の光カプラの夫々に光学的に接続されて、前記分岐された光の内の一つを受けて、可変光調整を行うと共に光レベルを減衰するための複数の可変光アッテネータと、該複数の可変光アッテネータの夫々に光学的に接続された複数の光反射器と、前記複数の第2の光カプラの夫々と、前記複数の可変光アッテネータの夫々とに接続されて、前記第2の光カプラにおいて分岐された光の内の他の一つを受けて、光レベルをモニタし、該モニタ結果に従って、前記複数の可変光アッテネータにおける可変光調整を制御するための複数の制御回路とを備えていることを特徴とする請求項4に記載の光イコライザ。

【請求項16】 前記光反射手段は、前記波長分割多重伝送方式カプラの有する前記複数のポートの夫々に光学的に接続された複数の第2の光カプラと、該複数の第2の光カプラの夫々に光学的に接続された複数の可変光アッテネータと、該複数の可変光アッテネータの夫々に光学的に接続された複数の光反射器と、前記複数の第2の光カプラの夫々に接続されると共に前記複数の可変光アッテネータの夫々に接続された複数の制御回路とを備えており、前記複数の第2の光カプラの夫々は、前記波長分割多重伝送方式カプラの有する前記複数のポートの内の対応するポートから前記信号光を受けて、前記複数の可変光アッテネータの内の対応する可変光アッテネータに出力するためのものであると共に、該対応する可変光アッテネータからの光を受けて少なくとも二つに分岐して、該分岐された光の内の一つを前記対応するポートに出力すると共に前記分岐された光の内の他の一つを前記複数の制御回路の内の対応する制御回路に出力するためのものであり、前記複数の可変光アッテネータの夫々は、前記複数の第2の光カプラの内の対応する第2の光カプラ、又は、前記複数の光反射器の内の対応する光反射器の内、一方か

ら受けた信号光に対して、可変光調整を行うと共に光レベルを減衰させ、前記対応する第2の光カプラ又は対応する光反射器の内の他方に対して、新たな信号光として出力するためのものであり、

前記複数の制御回路の夫々は、前記複数の第2の光カプラの内の対応する第2の光カプラにおいて分岐された光の内の前記他の一つを受けて、当該光の光レベルをモニタし、該モニタ結果に従って、前記複数の可変光アッテネータの内の対応する可変光アッテネータにおける可変光調整を制御するためのものであることを特徴とする請求項4に記載の光イコライザ。

【請求項17】 前記光反射手段は、前記波長分割多重伝送方式カプラの有する前記複数のポートの夫々に、光学的に接続された複数の可変光アッテネータと、該複数の可変光アッテネータの夫々に光学的に接続されて、前記可変光アッテネータからの前記信号光を少なくとも二つに分岐するための複数の第2の光カプラと、該複数の第2の光カプラの夫々に光学的に接続されて、前記分岐された光の内の一つを受けて、可変光調整を行うと共に光を反射するための複数の可変光反射器と、前記複数の第2の光カプラの夫々と、前記複数の可変光反射器の夫々とに接続されて、前記第2の光カプラにおいて分岐された光の内の他の一つを受けて、光レベルをモニタし、該モニタ結果に従って、前記複数の可変光反射器における可変光調整を制御するための複数の制御回路とを備えていることを特徴とする請求項4に記載の光イコライザ。

【請求項18】 前記光反射手段は、前記波長分割多重伝送方式カプラの有する前記複数のポートの夫々に光学的に接続された複数の可変光アッテネータと、該複数の可変光アッテネータの夫々に光学的に接続された複数の第2の光カプラと、該複数の第2の光カプラの夫々に光学的に接続された複数の可変光反射器と、前記複数の第2の光カプラの夫々に接続されると共に前記複数の可変光反射器の夫々に接続された複数の制御回路とを備えており、前記複数の可変光アッテネータの夫々は、前記波長分割多重伝送方式カプラの有する前記複数のポートの内の対応するポート、又は、前記複数の第2の光カプラの内の対応する第2の光カプラの内、一方から受けた信号光に対して、可変光調整を行うと共に光レベルを減衰させ、前記対応するポート又は対応する第2の光カプラの内の他方に対して、新たな信号光として出力するためのものであり、前記複数の第2の光カプラの夫々は、前記複数の可変光アッテネータの内の対応する可変光アッテネータから前記信号光を受けて、前記複数の可変光反射器の内の対応する可変光反射器に出力するためのものであると共に、該対応する可変光反射器からの光を受けて少なくとも二

つに分岐して、該分岐された光の内の一つを前記対応する可変光アッテネータに出力すると共に前記分岐された光の内他の一つを前記複数の制御回路の内の対応する制御回路に出力するためのものであり、

前記複数の可変光反射器の夫々は、前記複数の第2の光カプラの内の対応する第2の光カプラを介して前記信号光を受けて、該信号光に対して可変光調整を行うと共に、前記対応する第2の光カプラに対して該可変光調整の行われた信号光を反射するためのものであり、

前記複数の制御回路の夫々は、前記複数の第2の光カプラの内の対応する第2の光カプラにおいて分岐された光の内前記他の一つを受けて、当該光の光レベルをモニタし、該モニタ結果に従って、前記複数の可変光反射器の内の対応する可変光反射器における可変光調整を制御するためのものであることを特徴とする請求項4に記載の光イコライザ。

【請求項19】 請求項1乃至請求項18のいずれかに記載の光イコライザを、光ファイバ伝送路の途中に少なくとも一つ含むことを特徴とする光伝送通信システム。

【請求項20】 請求項1乃至請求項18のいずれかに記載の光イコライザを、少なくとも一つ含むことを特徴とする光ファイバアンプ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、相異なる複数の波長を夫々有する複数の信号光を一つの光伝送路に伝播させて通信を行う波長多重光通信用の光回路に関し、特に、光イコライザに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、大容量の光通信システムの実現手段として、相異なる波長を夫々有する複数の信号光を一つの光伝送路内で伝播させ、光伝送路の伝送情報量を増加させる、波長多重光通信システムが盛んに開発されている。

【0003】一般に、長距離伝送の場合、伝送路の持つ伝送損失の波長依存性により、チャネル間に伝送レベルの変動が発生する。更に、複数の光中継器を用いて多段中継する場合には、光中継器における利得の波長依存性により、信号波長毎に伝送レベルに差を生じることとなる。ここで、光中継器は、一般的に、その構成に光ファイバアンプを含むため、所望の光伝送を行うためには、利得特性の波長依存性が平坦な光ファイバアンプの実現が必須となる。

【0004】このように、波長多重光伝送において、各チャネル間の光レベルの均等化は、重要な技術である。

【0005】従来、光ファイバアンプに関する利得平坦化技術としては、以下に挙げるようなものがある。

【0006】即ち、第1の技術は、P/AI共ドーブEDF(Erbium Doped Fiber)とAI添加EDFによる利得の平坦化を図る方法(「WDM(Wavelength Division Multiplex)伝送

用ハイブリッドEDFA(EDF Amplifier)モジュール」, '96電気通信学会ソサエティ大会, 角井他, B-1094参照)であり、第2の技術は、エタロンフィルタを使用した利得等価器を光ファイバアンプに内蔵する方法(「波長多重伝送用光ファイバ増幅器モジュールと利得等価器」, 奥野他, EMD96-42参照)であり、第3の技術は、フッ化添加EDFを使用し、利得の平坦化を図る方法(「広帯域・利得平坦型Er³⁺添加フッ化物光ファイバ増幅器」, '95電気通信学会エレクトロニクスソサエティ, 山田他, G-221参照)である。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来の第1乃至第3の利得平坦化技術は、夫々、以下に示す様な問題点を有していた。

【0008】即ち、第1の利得平坦化技術は、その論文において利得偏差が1.5dBと示されており、波長多重伝送で望まれる1.0dB以下を満たしていないといった問題点を有していた。

【0009】また、第2の利得平坦化技術は、利得偏差が理論的に0dBに抑えられ、その論文においても利得偏差1.0dB以下が安定して実現出来ているものの、利得イコライザの波長特性が固定されており、特定の波長の利得を調整することができないといった問題点を有していた。

【0010】また、第3の利得平坦化技術は、利得偏差1.0dB以下を実現出来ているものの、通常のEDFと比較してフッ化添加EDFの信頼性が非常に悪く、現時点では商用化することができないといった問題点を有していた。

【0011】更に、上述したいずれの従来技術においても、光ファイバアンプのみに着目したものであり、上述した様な、長距離伝送における伝送路の有する伝送損失の波長依存性に起因したチャネル間での伝送レベルの変動の解決に応用することは出来なかった。

【0012】そこで、本発明の目的は、広帯域な波長範囲において、任意の波長の利得を任意に調整することのできる光イコライザを提供することにある。

【0013】また、本発明の他の目的は、上記光イコライザを用いた光ファイバアンプを提供することにある。

【0014】更に、本発明の他の目的は、上記光イコライザを用いた光伝送路を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明は、上述した課題を解決すべく、具体的手段として、以下に示す第1乃至第18の光イコライザを提供することとする。

【0016】即ち、本発明によれば、第1の光イコライザとして、複数の信号光からなる光信号を一つの光伝送路に伝播させて通信を行う光通信であって、前記複数の信号光が夫々相異なる複数の波長を有している波長多重光通信に用いられる光イコライザにおいて、前記複数の

信号光からなる光信号を受けて、該光信号を各信号光に分割し、該各信号光毎に所望の利得に調整した上で、該調整された各信号光を合成して、新たな光信号として出力することを特徴とする光イコライザが得られる。

【0017】また、本発明によれば、第2の光イコライザとして、前記第1の光イコライザにおいて、前記複数の信号光からなる光信号を受けて、該光信号を各信号光に分割するための光信号分割手段と、該光信号分割手段により分割された各信号光を受けて、各信号光毎に所望の利得に調整するための信号光利得調整手段と、該信号光利得調整手段により調整された各信号光を合成して、新たな光信号として出力するための光信号合成手段とを備えることを特徴とする光イコライザが得られる。

【0018】更に、本発明によれば、第3の光イコライザとして、前記第2の光イコライザにおいて、前記光信号分割手段は、前記光信号合成手段の機能を有することにより、前記光信号合成手段を兼ねており、前記信号光利得調整手段は、前記信号光毎に、光を反射するための光反射手段を備えていることを特徴とする光イコライザが得られる。

【0019】また、本発明によれば、第4の光イコライザとして、複数の信号光からなる光信号を一つの光伝送路に伝播させて通信を行う光通信であって、前記複数の信号光が夫々異なる複数の波長を有している波長多重光通信に用いられる光イコライザにおいて、第1乃至第3のポートを有し、前記第1のポートに入力された前記光信号を前記第2のポートから出力すると共に、前記第2のポートに入力された前記光信号を前記第3のポートから出力する光カプラと、少なくとも一のポート及び前記複数のポートを有し、前記一のポートを前記第2のポートに接続され、該第2のポートから出力された前記光信号を受けて、前記複数の信号光に分割して、各信号光毎に前記複数のポートに出力すると共に、前記複数のポートの夫々に入力される光を合成して前記一のポートに出力するための波長分割多重伝送方式カプラと、該波長分割多重伝送方式カプラの有する前記複数のポートの夫々に、光学的に接続された複数の光反射手段とを備えることを特徴とする光イコライザが得られる。

【0020】また、本発明によれば、第5の光イコライザとして、前記第4の光イコライザにおいて、前記光カプラは、光サーキュレータであることを特徴とする光イコライザが得られる。

【0021】また、本発明によれば、第6の光イコライザとして、前記第4の光イコライザにおいて、前記波長分割多重伝送方式カプラは、石英導波路を備えていることを特徴とする光イコライザが得られる。

【0022】また、本発明によれば、第7の光イコライザとして、前記第4の光イコライザにおいて、前記波長分割多重伝送方式カプラは、石英導波路型AWGを備えていることを特徴とする光イコライザが得られる。

【0023】更に、本発明によれば、第8の光イコライザとして、前記第4の光イコライザにおいて、前記光反射手段は、前記複数のポートの夫々に接続された可変光アッテネータと、該可変光アッテネータに接続された光反射器とを備えていることを特徴とする光イコライザが得られる。

【0024】また、本発明によれば、第9の光イコライザとして、前記第4の光イコライザにおいて、前記光反射手段は、ファイバグレーティングで構成される光反射部を備えていることを特徴とする光イコライザが得られる。

【0025】また、本発明によれば、第10の光イコライザとして、前記第4の光イコライザにおいて、前記光反射手段は、誘電体膜からなる反射膜を備えていることを特徴とする光イコライザが得られる。

【0026】また、本発明によれば、第11の光イコライザとして、前記第4の光イコライザにおいて、前記光反射手段は、金属膜からなる反射膜を備えていることを特徴とする光イコライザが得られる。

【0027】更に、本発明によれば、第12の光イコライザとして、前記第4の光イコライザにおいて、前記光反射手段は、反射率の調整が可能であることを特徴とする光イコライザが得られる。

【0028】また、本発明によれば、第13の光イコライザとして、前記第4の光イコライザにおいて、前記光反射手段は、前記波長分割多重伝送方式カプラの有する前記複数のポートの夫々に、光学的に接続され、前記複数のポートの夫々からの前記信号光を少なくとも二つに分岐するための複数の第2の光カプラと、該複数の第2の光カプラの夫々に光学的に接続されて、前記分岐された光の内の一つを受けて、可変光調整を行うと共に光を反射するための複数の可変光反射器と、該複数の可変光反射器の夫々と、前記複数の第2の光カプラの夫々とに接続されて、前記第2の光カプラにおいて分岐された光の内の他の一つを受けて、光レベルをモニタし、該モニタ結果に従って、前記複数の可変光反射器における可変光調整を制御するための複数の制御回路とを備えていることを特徴とする光イコライザが得られる。

【0029】また、本発明によれば、第14の光イコライザとして、前記第4の光イコライザにおいて、前記光反射手段は、前記波長分割多重伝送方式カプラの有する前記複数のポートの夫々に光学的に接続された複数の第2の光カプラと、該複数の第2の光カプラの夫々に光学的に接続された複数の可変光反射器と、該複数の可変光反射器の夫々に接続されると共に前記複数の第2の光カプラの夫々に接続された複数の制御回路とを備えており、前記複数の第2の光カプラの夫々は、前記波長分割多重伝送方式カプラの有する前記複数のポートの内の対応するポートから前記信号光を受けて、前記複数の可変光反射器の内の対応する可変光反射器に出力するための

10

20

30

40

50

ものであると共に、該対応する可変光反射器からの光を受けて少なくとも二つに分岐して、該分岐された光の内の一つを前記対応するポートに出力すると共に前記分岐された光の内の他の一つを前記複数の制御回路の内の対応する制御回路に出力するためのものであり、前記複数の可変光反射器の夫々は、前記複数の第2の光カブラの内の対応する第2の光カブラを介して前記信号光を受けて、該信号光に対して可変光調整を行うと共に、前記対応する第2の光カブラに対して該可変光調整の行われた信号光を反射するためのものであり、前記複数の制御回路の夫々は、前記複数の第2の光カブラの内の対応する第2の光カブラにおいて分岐された光の内の前記他の一つを受けて、当該光の光レベルをモニタし、該モニタ結果に従って、前記複数の可変光反射器の内の対応する可変光反射器における可変光調整を制御するためのものであることを特徴とする光イコライザが得られる。

【0030】また、本発明によれば、第15の光イコライザとして、前記第4の光イコライザにおいて、前記光反射手段は、前記波長分割多重伝送方式カブラの有する前記複数のポートの夫々に、光学的に接続され、前記複数のポートの夫々からの前記信号光を少なくとも二つに分岐するための複数の第2の光カブラと、該複数の第2の光カブラの夫々に光学的に接続されて、前記分岐された光の内の一つを受けて、可変光調整を行うと共に光レベルを減衰するための複数の可変光アッテネータと、該複数の可変光アッテネータの夫々に光学的に接続された複数の光反射器と、前記複数の第2の光カブラの夫々と、前記複数の可変光アッテネータの夫々とに接続されて、前記第2の光カブラにおいて分岐された光の内の他の一つを受けて、光レベルをモニタし、該モニタ結果に従って、前記複数の可変光アッテネータにおける可変光調整を制御するための複数の制御回路とを備えていることを特徴とする光イコライザが得られる。

【0031】また、本発明によれば、第16の光イコライザとして、前記第4の光イコライザにおいて、前記光反射手段は、前記波長分割多重伝送方式カブラの有する前記複数のポートの夫々に光学的に接続された複数の第2の光カブラと、該複数の第2の光カブラの夫々に光学的に接続された複数の可変光アッテネータと、該複数の可変光アッテネータの夫々に光学的に接続された複数の光反射器と、前記複数の第2の光カブラの夫々に接続されると共に前記複数の可変光アッテネータの夫々に接続された複数の制御回路とを備えており、前記複数の第2の光カブラの夫々は、前記波長分割多重伝送方式カブラの有する前記複数のポートの内の対応するポートから前記信号光を受けて、前記複数の可変光アッテネータの内の対応する可変光アッテネータに出力するためのものであると共に、該対応する可変光アッテネータからの光を受けて少なくとも二つに分岐して、該分岐された光の内の一つを前記対応するポートに出力すると共に前記分岐

された光の内の他の一つを前記複数の制御回路の内の対応する制御回路に出力するためのものであり、前記複数の可変光アッテネータの夫々は、前記複数の第2の光カブラの内の対応する第2の光カブラ、又は、前記複数の光反射器の内の対応する光反射器の内、一方から受けた信号光に対して、可変光調整を行うと共に光レベルを減衰させ、前記対応する第2の光カブラ又は対応する光反射器の内の他方に対して、新たな信号光として出力するためのものであり、前記複数の制御回路の夫々は、前記複数の第2の光カブラの内の対応する第2の光カブラにおいて分岐された光の内の前記他の一つを受けて、当該光の光レベルをモニタし、該モニタ結果に従って、前記複数の可変光アッテネータの内の対応する可変光アッテネータにおける可変光調整を制御するためのものであることを特徴とする光イコライザが得られる。

【0032】また、本発明によれば、第17の光イコライザとして、前記第4の光イコライザにおいて、前記光反射手段は、前記波長分割多重伝送方式カブラの有する前記複数のポートの夫々に、光学的に接続された複数の可変光アッテネータと、該複数の可変光アッテネータの夫々に光学的に接続されて、前記可変光アッテネータからの前記信号光を少なくとも二つに分岐するための複数の第2の光カブラと、該複数の第2の光カブラの夫々に光学的に接続されて、前記分岐された光の内の一つを受けて、可変光調整を行うと共に光を反射するための複数の可変光反射器と、前記複数の第2の光カブラの夫々と、前記複数の可変光反射器の夫々とに接続されて、前記第2の光カブラにおいて分岐された光の内の他の一つを受けて、光レベルをモニタし、該モニタ結果に従って、前記複数の可変光反射器における可変光調整を制御するための複数の制御回路とを備えていることを特徴とする光イコライザが得られる。

【0033】更に、本発明によれば、第18の光イコライザとして、前記第4の光イコライザにおいて、前記光反射手段は、前記波長分割多重伝送方式カブラの有する前記複数のポートの夫々に光学的に接続された複数の可変光アッテネータと、該複数の可変光アッテネータの夫々に光学的に接続された複数の第2の光カブラと、該複数の第2の光カブラの夫々に光学的に接続された複数の可変光反射器と、前記複数の第2の光カブラの夫々に接続されると共に前記複数の可変光反射器の夫々に接続された複数の制御回路とを備えており、前記複数の可変光アッテネータの夫々は、前記波長分割多重伝送方式カブラの有する前記複数のポートの内の対応するポート、又は、前記複数の第2の光カブラの内の対応する第2の光カブラの内、一方から受けた信号光に対して、可変光調整を行うと共に光レベルを減衰させ、前記対応するポート又は対応する第2の光カブラの内の他方に対して、新たな信号光として出力するためのものであり、前記複数の第2の光カブラの夫々は、前記複数の可変光アッテネ

一タの内の対応する可変光アッテネータから前記信号光を受けて、前記複数の可変光反射器の内の対応する可変光反射器に出力するためのものであると共に、該対応する可変光反射器からの光を受けて少なくとも二つに分岐して、該分岐された光の内の一つを前記対応する可変光アッテネータに出力すると共に前記分岐された光の内の他の一つを前記複数の制御回路の内の対応する制御回路に出力するためのものであり、前記複数の可変光反射器の夫々は、前記複数の第2の光カブラの内の対応する第2の光カブラを介して前記信号光を受けて、該信号光に対して可変光調整を行うと共に、前記対応する第2の光カブラに対して該可変光調整の行われた信号光を反射するためのものであり、前記複数の制御回路の夫々は、前記複数の第2の光カブラの内の対応する第2の光カブラにおいて分岐された光の内の前記他の一つを受けて、当該光の光レベルをモニタし、該モニタ結果に従って、前記複数の可変光反射器の内の対応する可変光反射器における可変光調整を制御するためのものであることを特徴とする光イコライザが得られる。

【0034】尚、上記したこれらの第1乃至第18の光イコライザは、いずれも光伝送通信システム及び光ファイバアンプに適用することができる。

【0035】即ち、本発明によれば、前記第1乃至第18の光イコライザのいずれかを、光ファイバ伝送路の途中に少なくとも一つ含むことを特徴とする光伝送通信システムが得られる。

【0036】また、本発明によれば、前記第1乃至第18の光イコライザのいずれかを、少なくとも一つ含むことを特徴とする光ファイバアンプが得られる。

【0037】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態の光イコライザについて、図面を参照して説明する。

【0038】（第1の実施の形態）本発明の第1の実施の形態の光イコライザ10は、図1に示される様に、光カブラとしてのサーキュレータ20と、波長分割多重伝送方式カブラ（以下、WDMカブラ）30と、第1乃至第4の光反射手段41乃至44とを備えている。

【0039】詳しくは、サーキュレータ20は、第1乃至第3のポート201乃至203を備えている。第1のポート201は、伝送路50に対して光学的に接続されており、第3のポート203は、伝送路60に対して光学的に接続されている。また、第2のポートは、WDMカブラ30に対して光学的に接続されている。

【0040】WDMカブラ30は、サーキュレータ20の有する第2のポート202に対して光学的に接続された一のポート310と、第1乃至第4の光反射手段41乃至44に対して光学的に接続された第1乃至第4のポート321乃至324とを有しており、一のポート310から入力された光信号を、第1乃至第4のポート321乃至324に対して、各波長毎に信号光として出力する

と共に、第1乃至第4のポート321乃至324から入力された信号光を合成して一つの光信号として一のポート310に対して出力するためのものである。

【0041】第1乃至第4の光反射手段41乃至44は、夫々、WDMカブラ30の有する第1乃至第4のポート321乃至324に対して、光学的に接続されており、本実施の形態においては、第1の光反射手段41について図2に例示される様に、光反射器401を備えており、第2乃至第4の光反射手段42乃至44についても同様に光反射器401を備えている。

【0042】このような構成を備える本実施の形態の光イコライザにおいて、伝送路50を伝送される波長多重された光信号は、光サーキュレータ20の有する第1のポート201に入力され、光サーキュレータ20の有する第2のポート202へ出力される。また、光サーキュレータ20の有する第2のポート202から出力された光信号は、WDMカブラ30の有する一のポート310に入力され、各波長毎に信号光として分波されて、夫々、WDMカブラ30の有する第1乃至第4のポート321乃至324に出力される。更に、WDMカブラ30の有する第1乃至第4のポート321乃至324から出力された各信号光は、第1乃至第4の光反射手段41乃至44で反射されて、再び、WDMカブラ30の有する第1乃至第4のポート321乃至324に対して入力され、光合成されてWDMカブラ30の有する一のポート310から出力されると共に、サーキュレータ20の有する第2のポート202に対して入力され、サーキュレータ20の有する第3のポート203から伝送路60に対して出力される。

【0043】尚、本実施の形態においては、WDMカブラ30に対して接続される光反射手段を4つとして説明してきたが、光信号の有する波長の数だけあれば良く、本実施に制限されるものではない。また、この点については、以下に列挙する他の実施の形態においても同じである。

【0044】（第2の実施の形態）本発明の第2の実施の形態の光イコライザは、第1の実施の形態の変形であり、第1乃至第4の光反射手段に特徴を有するものである。従って、本実施の形態において、他の構成要素及びそれに関連する動作については、説明を省略することとする。

【0045】本実施の形態の特徴である第1乃至第4の光反射手段41乃至44は、夫々、第1の光反射手段41について図3に例示される様に、可変光反射器411を備えており、第2乃至第4の光反射手段42乃至44についても同様に可変光反射器を備えている。

【0046】このような構成を備える本実施の形態の光イコライザは、夫々の光反射手段において分波された各信号光を反射する際に、光レベルを個々に調整することができる。

10

20

30

40

50

【0047】（第3の実施の形態）本発明の第3の実施の形態の光イコライザは、第1の実施の形態の変形であり、第1乃至第4の光反射手段に特徴を有するものである。従って、本実施の形態において、他の構成要素及びそれに関連する動作については、説明を省略することとする。

【0048】本実施の形態の特徴である第1乃至第4の光反射手段41乃至44は、夫々、第1の光反射手段41について図4に例示される様に、WDM カブラ30の有する第1のポート321に光学的に接続された可変光ア
10 ッテナータ421と、該可変光アッテナータ421に接続された光反射器401とを備えており、第2乃至第4の光反射手段42乃至44についても同様に、第2のポート乃至第4のポート322乃至324に光学的に接続された可変光アッテナータと、該可変光アッテナータに接続された光反射器とを備えている。

【0049】このような構成を備える本実施の形態の光イコライザは、第2の実施の形態と同様、夫々の光反射手段において分波された各信号光を反射する際に、光レ
20 ベルを個々に調整することができる。

【0050】（第4の実施の形態）本発明の第4の実施の形態の光イコライザは、第1の実施の形態の変形であり、第1乃至第4の光反射手段に特徴を有するものである。従って、本実施の形態において、他の構成要素及びそれに関連する動作については、説明を省略することとする。

【0051】本実施の形態の特徴である第1乃至第4の光反射手段41乃至44は、夫々、第1の光反射手段41について図5に例示される様に、WDM カブラ30の有する第1のポート321に光学的に接続された可変光ア
30 ッテナータ421と、該可変光アッテナータ421に接続された可変光反射器411とを備えており、第2乃至第4の光反射手段42乃至44についても同様に、第2のポート乃至第4のポート322乃至324に光学的に接続された可変光アッテナータと、該可変光アッテナータに接続された可変光反射器とを備えている。

【0052】このような構成を備える本実施の形態の光イコライザは、第2の実施の形態と同様、夫々の光反射手段において分波された各信号光を反射する際に、光レ
40 ベルを個々に調整することができる。

【0053】（第5の実施の形態）本発明の第5の実施の形態の光イコライザは、第1の実施の形態の変形であり、第1乃至第4の光反射手段に特徴を有するものである。従って、本実施の形態において、他の構成要素及びそれに関連する動作については、説明を省略することとする。

【0054】本実施の形態の特徴である第1乃至第4の光反射手段41乃至44は、夫々、第1の光反射手段41について図6に例示される様に、WDM カブラ30の有する第1のポート321に光学的に接続された第2の光
50

カブラ431と、該第2の光カブラ431に接続された可変光反射器411と、第2の光カブラ431及び可変光反射器411に接続された制御回路441とを備えており、第2乃至第4の光反射手段42乃至44についても同様に、第2乃至第4のポート322乃至324に光学的に接続された第2の光カブラと、該第2の光カブラに接続された可変光反射器411と、第2の光カブラ及び可変光反射器に接続された制御回路とを備えている。

【0055】このような構成を備える本実施の形態の光イコライザにおいては、第1のポート321に関連して、制御回路441が、第2の光カブラ431で分岐された光の光レベルをモニタすると共に、該モニタ結果に基づいて、可変光反射器411の制御を行う様に、第2乃至第4のポート322乃至324に関連しても、同様に制御することにより、光レベルに応じた調整を各信号光毎に行うことができ、常に波長の伝送レベルを一定に保つことができる。

【0056】尚、制御の方法としては、第1のポート321に関連して以下に説明される様に、次の2通りの方法が挙げられる。一方は、第2の光カブラ431が、WDM カブラ30の有する第1のポート321からの光を受けて、少なくとも二つに分岐し、更に、制御回路441が、分岐された光の内一つの光を受けて、その光の光レベルをモニタし、該モニタ結果に従って、可変光反射器411における可変光調整を制御する方法である。他方は、第2の光カブラ431が、可変光反射器411にて可変光調整されると共に反射された光を受けて、少なくとも二つに分岐し、更に、制御回路441が、分岐された光の内一つの光を受けて、その光の光レベルをモニタし、該モニタ結果に従って、可変光反射器411における可変光調整をフィードバック制御的に制御する方法である。

【0057】前者の制御方法を採用する場合、第2の光カブラ431は、WDM カブラ30の第1のポート321から受けた信号光を少なくとも二つに分岐して、分岐された光の内一つの光を可変光反射器411に出力し、且つ、分岐された光の内他の光を制御回路441に出力するためのものであると共に、可変光反射器411から受けた光を第1のポート321へ出力するためのものである。また、後者の制御方法を採用する場合、第2の光カブラ431は、WDM カブラ30の第1のポート321から受けた信号光を可変光反射器411に出力するためのものであると共に、可変光反射器411から受けた光を少なくとも二つに分岐して、分岐された光の内一つの光を第1のポート321に対して出力し、且つ、分岐された光の内他の光を制御回路441に出力するためのものである。

【0058】（第6の実施の形態）本発明の第6の実施の形態の光イコライザは、第1の実施の形態の変形であり、第1乃至第4の光反射手段に特徴を有するものであ

る。従って、本実施の形態において、他の構成要素及びそれに関連する動作については、説明を省略することとする。

【0059】本実施の形態の特徴である第1乃至第4の光反射手段41乃至44は、夫々、第1の光反射手段41について図7に例示される様に、WDMカプラ30の有する第1のポート321に光学的に接続された第2の光カプラ431と、該第2の光カプラ431に接続された可変光アッテネータ421と、第2の光カプラ431及び可変光アッテネータ421に接続された制御回路441と、可変光アッテネータ421に接続された光反射器401とを備えており、第2乃至第4の光反射手段42乃至44についても同様に、第2乃至第4のポート322乃至324に光学的に接続された第2の光カプラと、該第2の光カプラに接続された可変光アッテネータと、第2の光カプラ及び可変光アッテネータに接続された制御回路と、可変光アッテネータに接続された光反射器とを備えている。

【0060】このような構成を備える本実施の形態の光イコライザにおいては、第1のポート321に関連して、制御回路441が、第2の光カプラ431で分岐された光の光レベルをモニタすると共に、該モニタ結果に基づいて、可変光アッテネータ421の制御を行い、光レベルの調整された各信号光を光反射器401で反射する様に、第2乃至第4のポート322乃至324に関連しても、同様に処理することにより、光レベルに応じた調整を各信号光毎に行うことができ、常に波長の伝送レベルを一定に保つことができる。

【0061】尚、可変光アッテネータ421における光レベルの制御は、光反射器401への入力前に行われても良いし、光反射器401で反射された後に行われても良いが、一般的には、光反射器401における反射前及び反射後の双方において行われる。

【0062】また、制御の方法としては、第1のポート321に関連して以下に説明される様に、次の2通りの方法が挙げられる。一方は、第2の光カプラ431が、WDMカプラ30の有する第1のポート321からの光を受けて、少なくとも二つに分岐し、更に、制御回路441が、分岐された光の内の一つの光を受けて、その光の光レベルをモニタし、該モニタ結果に従って、可変光アッテネータ421における可変光調整を制御する方法である。他方は、第2の光カプラ431が、可変光アッテネータ421にて可変光調整された光を受けて、少なくとも二つに分岐し、更に、制御回路441が、分岐された光の内の一つの光を受けて、その光の光レベルをモニタし、該モニタ結果に従って、可変光アッテネータ421における可変光調整をフィードバック制御的に制御する方法である。

【0063】前者の制御方法を採用する場合、第2の光カプラ431は、WDMカプラ30の第1のポート321

から受けた信号光を少なくとも二つに分岐して、分岐された光の内の一つの光を可変光アッテネータ421に出力し、且つ、分岐された光の内の他の光を制御回路441に出力するためのものであると共に、可変光アッテネータ421から受けた光を第1のポート321へ出力するためのものである。また、後者の制御方法を採用する場合、第2の光カプラ431は、WDMカプラ30の第1のポート321から受けた信号光を可変光アッテネータ421に出力するためのものであると共に、可変光アッテネータ421から受けた光を少なくとも二つに分岐して、分岐された光の内の一つの光を第1のポート321に対して出力し、且つ、分岐された光の内の他の光を制御回路441に出力するためのものである。

【0064】（第7の実施の形態）本発明の第7の実施の形態の光イコライザは、第1の実施の形態の変形であり、第1乃至第4の光反射手段に特徴を有するものである。従って、本実施の形態において、他の構成要素及びそれに関連する動作については、説明を省略することとする。

【0065】本実施の形態の特徴である第1乃至第4の光反射手段41乃至44は、夫々、第1の光反射手段41について図8に例示される様に、WDMカプラ30の有する第1のポート321に光学的に接続された可変光アッテネータ421と、該可変光アッテネータ421に接続された第2の光カプラ431と、該光カプラ431に接続された可変光反射器411と、第2の光カプラ431及び可変光反射器411に接続された制御回路441とを備えており、第2乃至第4のポート322乃至324についても同様に、第2乃至第4のポートに光学的に接続された可変光アッテネータと、該可変光アッテネータに接続された第2の光カプラと、該第2の光カプラに接続された可変光反射器と、第2の光カプラ及び可変光反射器に接続された制御回路を備えている。

【0066】このような構成を備える本実施の形態の光イコライザにおいては、第1のポート321に関連して、制御回路441が、第2の光カプラ431で分岐された光の光レベルをモニタすると共に、該モニタ結果に基づいて、可変光反射器411の制御を行う様に、第2乃至第4のポート322乃至324に関連しても、同様に制御することにより、光レベルに応じた調整を各信号光毎に行うことができ、常に波長の伝送レベルを一定に保つことができる。

【0067】尚、可変光アッテネータ421における光レベルの制御は、第2の光カプラ431に対する出力前に行われても良いし、第2の光カプラ431からの入力前に行われても良いが、一般的には、前記出力前及び入力前の双方において行われる。

【0068】また、制御の方法としては、第1のポート321に関連して以下に説明される様に、次の2通りの方法が挙げられる。一方は、第2の光カプラ431が、可変光

10

20

30

40

50

アッテネータ421を介してWDM カブラ30の有する第1のポート321からの光を受けて、少なくとも二つに分岐し、更に制御回路441が、分岐された光の内の一つの光を受けて、その光レベルをモニタし、該モニタ結果に従って、可変光反射器411における可変光調整を制御する方法である。他方は、第2の光カブラ431が、可変光反射器411にて可変光調整されると共に反射された光を受けて、少なくとも二つに分岐し、更に、制御回路441が、分岐された光の内の一つの光を受けて、その光の光レベルをモニタし、該モニタ結果に従って、可変光反射器411における可変光調整をフィードバック制御的に制御する方法である。

【0069】前者の制御方法を採用する場合、第2の光カブラ431は、可変光アッテネータ421から受けた光を少なくとも二つに分岐して、分岐された光の内の一つの光を可変光反射器411に出力し、且つ、分岐された光の内の他の光を制御か槽441に出力するためのものであると共に、可変光反射器411から受けた光を可変光アッテネータ421へ出力するためのものである。また、後者の制御方法を採用する場合、第2の光カブラ431は、可変光アッテネータ421から受けた光を可変光反射器411に出力するためのものであると共に、可変光反射器411から受けた光を少なくとも二つに分岐して、分岐された光の内の一つの光を可変光アッテネータ421に対して出力し、且つ、分岐された光の内の他の光を制御回路441に出力するためのものである。

【0070】（第8の実施の形態）本発明の第8の実施の形態は、前述の第1の実施の形態の光イコライザ10を光ファイバアンプ100に適用した例であり、図9に示される様に、伝送路50に接続された前段増幅器70と、前段増幅器70に接続された光イコライザ10と、光イコライザ10に接続された後段増幅器80とを備えている。

【0071】このような構成を備える本実施の形態の光ファイバアンプ100においては、光ファイバアンプ増幅部から発生する自然放出光をWDM カブラ30でカットすることができることから、特にチャネル間における自然放出光を抑圧することが可能となり、信号対雑音比の劣化を抑えることができる。

【0072】尚、本実施の形態においては、光イコライザ10が、前段増幅器70と後段増幅器80との間に、即ち段間に配置されているものとして説明してきたが、出力直後部や入力直前部に配置する構成としても良い。

【0073】また、本実施の形態においては、第1の実施の形態の光イコライザを適用した例について説明してきたが、第2乃至第7のいずれかの光イコライザを適用するものとしても良い。

【0074】（第9の実施の形態）本発明の第9の実施の形態は、前述の第1の実施の形態の光イコライザ10を光伝送路中に配置した光伝送通信システムの例であ

り、図10に示される様に、光送信機90と、光受信機92との間に、光イコライザ10が配置されている。

【0075】このような構成を備える本実施の形態の光伝送路は、伝送路の有する伝損失の波長依存性に起因した各チャネル間の伝送レベルの変動を調整することができることから、各チャネル間の光レベルの均等化を達成することができる。

【0076】尚、本実施の形態においては、第1の実施の形態の光イコライザを適用した例について説明してきたが、第2乃至第7のいずれかの光イコライザを適用するものとしても良い。

【0077】以上説明してきた第1乃至第9の実施の形態において、光イコライザの有する光カブラ（第1乃至第7の実施の形態において伝送路50及び60に接続されたもの）として、光サーキュレータを例に挙げて説明してきたが、同様の動作を行うものであれば良く、本実施の形態に制限されるものではない。

【0078】また、光反射手段における光反射部の例としては、ファイバグレーティングで構成されているもの、反射膜として誘電体膜を備えているもの、及び反射膜として金属膜を備えているものが挙げられる。ここで、ファイバグレーティングとは、光ファイバの一部分に周期的に屈折率を変化させた部分（グレーティング部分）、そのグレーティング部分により、ある特定の波長を減衰させる（反射させる）機能を有するデバイスをいう。また、反射膜として誘電体膜を備えている光反射手段は、反射膜に対して光が斜め入射した際に偏光依存性を小さくすることが出来るものであると共に、反射膜における吸収による光の減衰が少ないものである一方、反射膜の膜厚にて性能が決定されるため、製造上、反射膜の厚さを制御する必要があるものである。更に、反射膜として金属膜を備えている光反射手段は、製造上、反射膜の厚さを制御する必要がないため、製造が簡単である一方、反射膜に対して光が斜め入射した際に偏光依存性が大きいものであると共に、反射時に反射膜において光の一部が、熱に変換されるなどにより、吸収されることから光が減衰してしまうものである。これらの光反射手段は、例えば、反射膜として誘電体膜を備えているものにおいて、前述の様に、反射膜に対して光を斜め入射する様に、夫々の光反射手段に応じて、従来から知られている技術をもって、反射率及び光レベルの調整を行うことができる。

【0079】更に、WDM カブラの例としては、石英導波路にて構成されているものと、石英導波路型AWG(Array Waveguide Grating)にて構成されているものが挙げられる。ここで、石英導波路型AWG（若しくは単にAWG）とは、石英基板上に長さの異なる複数の導波路が形成されて、多数の波長の光を合分波できるデバイスのことをいう。石英導波路にて構成されるWDM カブラは、比較的簡単に製造出来る一方、1つの石英導波路では1つの合成

波を2つに分割する（又はその逆に合波する）ことしか出来ないことから、部品点数が多くなり製造上の作業性が悪いと共に形状が大きくなるものである。また、石英導波路型AWGは、集積化されており部品点数が少ない一方、高価なものである。従って、いずれのWDMカブラを用いるかは、適宜選択すれば良い。

【0080】また、第1乃至第9の実施の形態において本発明の光イコライザとして、光カブラとしてのサーキュレータと、WDMカブラと、複数の光反射手段とを備えているものを例として説明してきたが、本発明の概念から以下に示す様な形態も導けることはいうまでもない。

【0081】即ち、本発明の他の形態の光イコライザは、伝送路を伝播されてきた光信号（夫々異なる波長の複数の信号光を有する）を受けて、各信号光に分割するための光信号分割手段と、該光信号分割手段により分割された各信号光を受けて、各信号光毎に所望の利得に調整するための信号利得調整手段と、該信号光利得調整手段により調整された各光信号を合成して、新たな光信号として出力するための光信号合成手段とを備えている。ここで、光信号分割手段及び光信号合成手段としては、例えば、夫々、伝送路に接続されたWDMカブラが挙げられ、また、信号利得調整手段としては、光信号分割手段と光信号合成手段との間に、各波長毎（各信号光毎）に設けられた可変光アッテネータが挙げられる。

【0082】

【実施例】以下に本発明に対する理解をより明確なものとするために、図11乃至図13を用いて、実施例を説明する。

【0083】本実施例の光伝送通信システムは、第1乃至第4の光源110乃至140と、合波器150と、伝送路50及び60と、サーキュレータ20と、WDMカブラ30と、第1乃至第4の可変光アッテネータ421乃至424と、第1乃至第4の反射器401乃至404とを備えている。

【0084】ここで、サーキュレータ20と、WDMカブラ30と、第1乃至第3の可変光アッテネータ421乃至424と、第1乃至第4の反射器401乃至404とは、前述の第4の実施の形態の光イコライザを構成している。

【0085】第1乃至第4の光源110乃至140は、夫々、異なる波長を有する信号光を出力するためのものである。第1の光源110は、1555nmの波長を有する第1の信号光を出力し、第2の光源120は、1557nmの波長を有する第2の信号光を出力する。また第3の光源130は、1560nmの波長を有する第3の信号光を出力し、第4の光源140は、1562nmの波長を有する第4の信号光を出力する。

【0086】合波器150は、第1乃至第4の光源110乃至140が出力した相異なる波長を有する第1乃至第4の信号光を合波し、一つの光信号として伝送路50

へ出力する。

【0087】伝送路50を伝達されてきた光信号は、サーキュレータ20の有する第1のポート201に入力されて、第2のポート202からWDMカブラ30の有する一のポート310に対して出力される。

【0088】本実施の形態のWDMカブラ30は、石英導波路型AWG(Array Waveguide Grating)を利用したものであり、前述の一のポート310と、第1乃至第4のポート321乃至324を備えている。

【0089】一のポート310から入力された光信号は、各波長毎に、即ち第1乃至第4の信号光毎に、WDMカブラ30において分波され、夫々、第1乃至第4のポート321乃至324から出力される。

【0090】第1のポート321から出力される第1の信号光は、第1の可変光アッテネータ421を介して、反射率99.99%の金属膜を用いて構成された第1の反射器401にて反射され、再び第1の可変光アッテネータ421を介して、WDMカブラ30の有する第1のポート321に入力される。尚、第2乃至第4の信号光も、第1の信号光と同様に、第2乃至第4の可変光アッテネータ422乃至424、及び第2乃至第4の光反射器402乃至404を経て、夫々、WDMカブラ30の有する第2乃至第4のポート322乃至324に入力される。

【0091】このようにしてWDMカブラ30の有する第1乃至第4のポート321乃至324に入力された第1乃至第4の信号光は、合波されて一のポート310から、サーキュレータ20の有する第2のポート202に対して出力され、更にサーキュレータの有する第3のポート203から伝送路60に対して出力される。

【0092】このような構成を備えた光イコライザを用いた光伝送通信システムにおいては、第1乃至第4の可変光アッテネータ421乃至424の可変光設定を全て同じにした場合、図12に示される様に、各信号光間の伝送レベルのバラつきが最大で1dB程度存在していたが、第1乃至第4の可変光アッテネータ421を個別に調整することで、図13に示される様に、各信号光間の伝送レベルを均一化、即ち0dBにすることができ、波長毎の伝送の品質を揃えることが可能となった。

【0093】

【発明の効果】以上説明してきた様に、本発明による光イコライザは、各波長毎での光レベルの調整を容易に行うことができることから、各波長毎の伝送の品質を均一化することが可能となり、高品質・高信頼性を有する光伝送システムが得られることになる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の光イコライザの構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態の光イコライザにおける光反射手段の構成を示すブロック図である。

10

20

30

40

50

【図3】本発明の第2の実施の形態の光イコライザにおける光反射手段の構成を示すブロック図である。

【図4】本発明の第3の実施の形態の光イコライザにおける光反射手段の構成を示すブロック図である。

【図5】本発明の第4の実施の形態の光イコライザにおける光反射手段の構成を示すブロック図である。

【図6】本発明の第5の実施の形態の光イコライザにおける光反射手段の構成を示すブロック図である。

【図7】本発明の第6の実施の形態の光イコライザにおける光反射手段の構成を示すブロック図である。

【図8】本発明の第7の実施の形態の光イコライザにおける光反射手段の構成を示すブロック図である。

【図9】本発明の第8の実施の形態としての光ファイバアンプの構成を示すブロック図である。

【図10】本発明の第9の実施の形態としての光伝送通信システムの構成を示すブロック図である。

【図11】本発明の実施例の光伝送通信システムの構成を示すブロック図である。

【図12】図11に示される光伝送通信システムにおいて、可変光アッテネータの可変光設定を全て同じくした場合の光伝送レベルを示す図である。

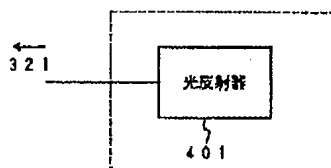
【図13】図11に示される光伝送通信システムにおいて、可変光アッテネータの可変光設定を個々の信号光毎に行った場合の光伝送レベルを示す図である。

【符号の説明】

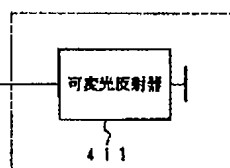
10 光イコライザ
20 サークュレータ
201 第1のポート
202 第2のポート

203 第3のポート
30 波長分割多重伝送方式カプラ (WDM カプラ)
310 一のポート
321 第1のポート
322 第2のポート
323 第3のポート
324 第4のポート
41 光反射手段
42 光反射手段
43 光反射手段
44 光反射手段
401 光反射器
411 可変光反射器
421 可変光アッテネータ
431 光カプラ
441 制御回路
50 伝送路
60 伝送路
70 前段増幅器
80 後段増幅器
90 光送信機
92 光受信機
100 光ファイバアンプ
110 光源
120 光源
130 光源
140 光源
150 合波器

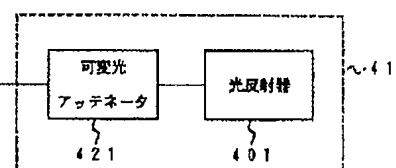
【図2】



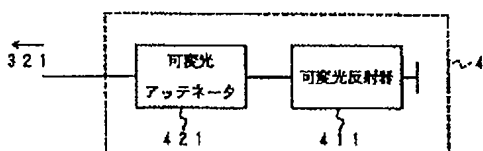
【図3】



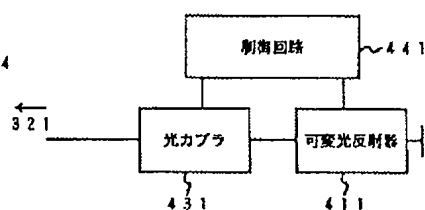
【図4】



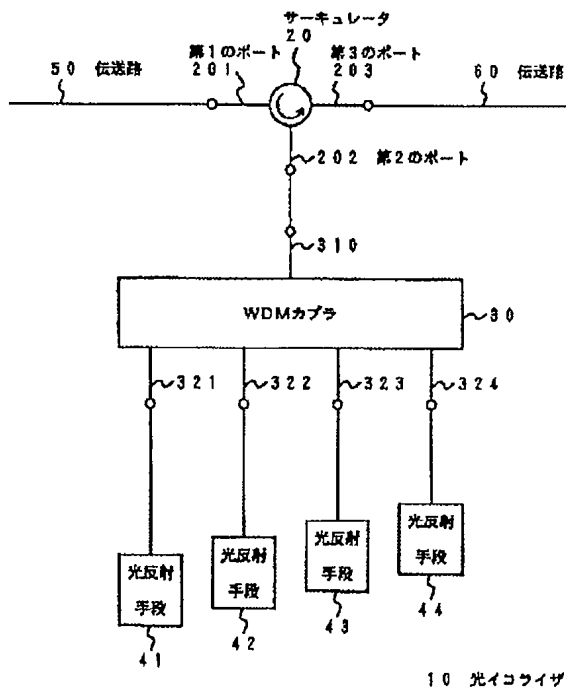
【図5】



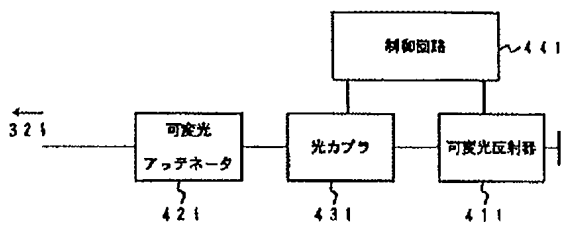
【図6】



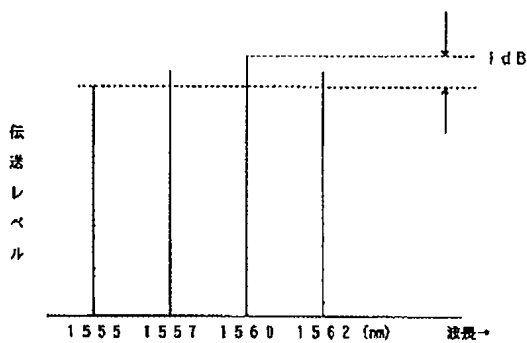
【図1】



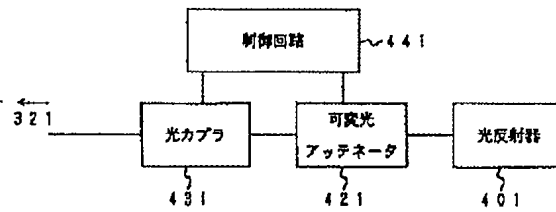
【図8】



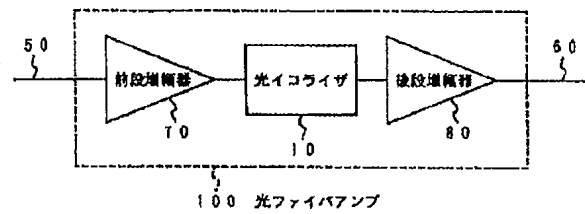
【図12】



【図7】



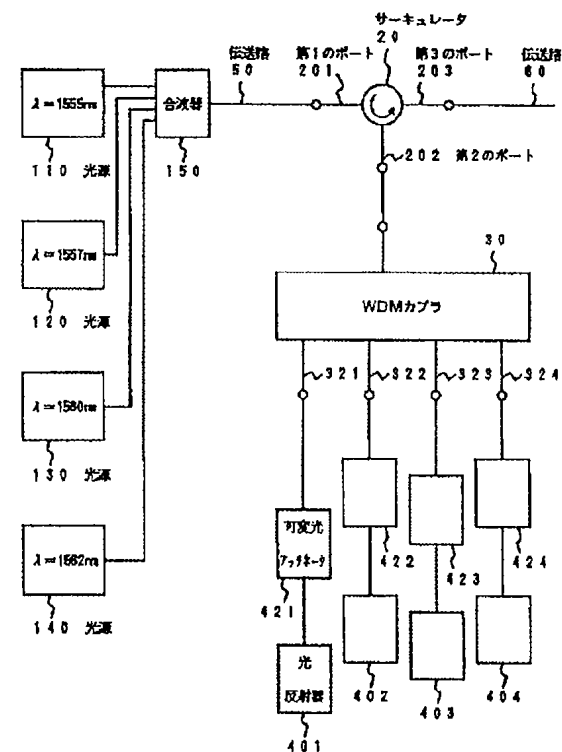
【図9】



【図10】



【図11】



【図13】

